

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

Н.М. Толстопалова

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051301 – Хімічна технологія (161 Хімічні технології та інженерія)

(код і назва)

на тему: Відділення знесолення води методом іонного обміну

Виконала: студентка 4 курсу, групи ХН-51

Пола Марія Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник ас. Кривець Г.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант:

з автоматичного регулювання

(назва розділу)

ст. викл. Лукінюк М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

з економіко-організаційних рішень

(назва розділу)

доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

з охорони праці

(назва розділу)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ХН5117 1440 000 ПЗ	Пояснювальна записка	113	
3	A1	ДП ХН5117 1440 001 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП ХН5117 1440 002 ТК	Головний апарат	1	
5	A1	ДП ХН5117 1440 003 ТК	Схема автоматизації	1	
6	A1	ДП ХН5117 1440 004 ТК	Економічний плакат	1	
7	A2	ДП ХН5117 1440 005 ТК	Плакат інноваційної частини	1	

				ДП ХН5117 1440 000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Пода М.Ю.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Крimeць Г.В.				1	1
Консульт	Косогіна І.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Н/контр.	Супрунчук В.І.					

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В.о. зав.каф.	Толстопалова Н.М.				каф. ТНР та ЗХТ гр. ХН-
------------------	----------------------	--	--	--	-------------------------------

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет хіміко-технологічний  
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної  
хімічної технології (повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051301 – Хімічна технологія (161 Хімічні технології та  
інженерія)

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Н.М. Толстопалова  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту**

Пода Марія Юрївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Відділення знесолення води методом іонного обміну,  
керівник проекту: ас. Кримець Г.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту: \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки: Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи. Опис технологічної схеми. Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв. Автоматичне регулювання та контроль виробництва. Економіко-організаційні розрахунки. Охорона праці. Екологічна безпечність виробництва. Інноваційна частина.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема цеху, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, креслення загального вигляду головного апарата, плакат результатів розрахунку економіко-організаційної частини, плакат інноваційної частини.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	доц. Косогіна І.В.		
7	ст. викл. Лукінюк М.В.		
8	доц. Підлісна О.А.		
9	доц. Полукаров Ю.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Пошук необхідної інформації	10 березня	
2	Обґрунтування та вибір способу виробництва	15 травня 20 березня	
3	Характеристика виробленої продукції, вихідної сировини та напівпродуктів, матеріалів, енергетичних ресурсів	26 березня 31 березня 02 квітня 12 квітня	
4	Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів	16 квітня	
5	Розробка технологічної схеми	22 квітня 29 квітня	
6	Обґрунтування аналітичного контролю виробництва	15 травня	
7	Характеристика технологічного обладнання	21 травня	
8	Автоматичний контроль та керування виробництвом	25 травня	
9	Техніка безпеки проведення виробничого процесу	31 травня	
10	Екологічна безпека виробництва	15 червня	
11	Захист дипломного проекту	18 червня	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*ХН 5117 1440 ПЗ*

Арк.

5

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Відділення знесолення води методом іонного обміну

Київ – 2019 року

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 с., 3 рис., 17 табл., 19 посилань, 1 додаток.

Розроблено проект відділення знесолення води методом іонного обміну. В проекті обґрунтовано вибір методу виробництва, наведено вимоги до сировини, допоміжних ресурсів та готової продукції. Знесолену воду отримують із попередньо підготовленої води у відділенні вапнування шляхом іонного обміну води з подальшим ультрафільтруванням. Обґрунтовано норми технологічних режимів, наведена технологічна схема процесу та її опис.

Наведено схему автоматичного контролю і керування процесом, розроблено економіко-організаційну частину проекту, розроблено заходи спрямовані на організацію відділення, де реалізовані здорові та безпечні умови праці, визначено та класифіковано відходи та запропоновано можливі шляхи екологізації виробництва.

ВОДА ПРИРОДНА, УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЯ, ІОННИЙ ОБМІН,  
ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ПРОМИВКА ФІЛЬТРІВ, ЗНЕСОЛЕНА ВОДА

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ABSTRACT

The explanatory note: 66 p., 3 fig., 17 tab., 19 references, 1 appendices.

The project of reconstruction of the department for desalting water was developed. The project substantiates the choice of the method of production, sets requirements for raw materials, auxiliary resources and finished products. Distilled water is obtained from pre-prepared water in the liming department by ion exchange of water with pre-ultrafiltration. The norms of technological regimes are substantiated, the technological scheme of the process is described and its description.

Control and management automation scheme is here with applied. Economy and organization part of the project has been developed. Measures aimed at the rehabilitation department, where realized healthy and safe working conditions have been developed. Defined and classified waste and suggested possible ways of greening production.

WATER NATURAL, ULTRAFILTRATION, ION EXCHANGE, WATER  
TREATMENT, FILTER DISCHARGE, WATERFULLY WATER

					<i>XH 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	6
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва.....	7
1.1 Знесолення води іонним обміном.....	7
1.2 Очищення води методом ультрафільтрації.....	9
2 Характеристика виробленої продукції, вихідної сировини та напівпродуктів, матеріалів, енергетичних ресурсів.....	11
2.1 Характеристика продукції.....	11
2.2 Характеристика сировини.....	11
2.3 Характеристика допоміжних матеріалів.....	12
3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	14
3.1 Теоретичні основи методу іонного обміну.....	14
3.2 Теоретичні основи методу ультрафільтрації.....	16
4 Технологічна схема та аналітичний контроль виробництва.....	22
5 Характеристика технологічного обладнання .....	24
5.1 Розрахунок та вибір основного технологічного апарату.....	24
5.2 Розрахунок баку для накопичення води.....	28
5.3 Розрахунок насосу.....	29
6 Автоматичний контроль та керування виробництвом.....	33
6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації.....	33

6.2	Опис розробленої схеми автоматизації.....	35
7	Економіко-організаційні розрахунки.....	36
7.1	Організаційна структура відділення знесолення води.....	39
7.2	Порядок технічного контролю на виробництві.....	42
7.3	Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва.....	43
7.4	Розрахунок техніко-економічних показників.....	46
8	Техніка безпеки проведення виробничого процесу.....	48
8.1	Повітря робочої зони.....	48
8.2	Виробниче освітлення.....	50
8.3	Виробничий шум та вібрація.....	53
8.4	Електробезпека.....	54
8.5	Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання.....	56
8.6	Пожежна безпека.....	57
9	Екологічна безпека виробництва.....	59
9.1	Аналіз джерел відходів, що утворюються на виробництві.....	59
9.2	Можливі варіанти екологізації виробництва.....	60
9.3	Екологічний моніторинг.....	62
9.4	Розрахунок екологічних платежів.....	62
	ВИСНОВКИ.....	64
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	65

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УФ – установка ультрафільтрації;

ГР – гумінові речовини;

ГПХН – гіпохлорит натрію;

ГДК – гранично-допустимі концентрації;

ГОСТ – державний стандарт;

ТУ – технічні умови;

ТМР – трансмембранний тиск;

СЕВ – хімічне промивання;

СІР – хімічно посилене промивання;

ІО – іонообмінник І ступеня;

ХВО – хімічне водоочищення.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Вода являє собою прозору рідину з відсутністю кольору, смаку і аромату. Вона має багато варіантів застосування. Енергія падіння води використовується на гідроелектростанціях з ціллю одержання електроенергії. Воду використовують у металургійній, шкіряній, текстильній, будівельній і інших багатьох галузях промисловості. Особливо в масштабних кількостях використовують воду в хімічній промисловості для різних процесів, таких як: фільтрування, розчинення, промивання, а також в якості сировини з ціллю одержання багатьох хімічних продуктів. Також вона застосовується в різних галузях промисловості саме як теплоносій. Природна неочищена вода не може бути теплоносієм, оскільки сучасні ТЕЦ у своєму енергетичному циклі використовують воду високої якості з визначеним вмістом домішок: 0,1-1,0мг/кг.

Обладнання сучасних ТЕЦ експлуатують при високих теплових навантаженнях. Це вимагає доволі жорсткого встановлення меж товщини відкладень на поверхнях теплоелементів. Такі відкладення можуть бути утворені з різних домішок, які надходять у цикли електростанцій, тому надзвичайно важливим завданням є забезпечення високоякісних водяних теплоносіїв.

Природна вода в своєму складі має нескінченну кількість домішок, тому необхідно використовувати різноманітні технологічні прийоми та методи покращення якості води.

Для покращення якості води до поставлених вимог виникає необхідність спеціальної фізико-хімічної обробки природної води.

Метою дипломного проекту є розробка схеми відділення знесолення води за допомогою встановлення іонообмінника I ступеня та установки ультрафільтрації для подальшого використання даної технології на ТЕЦ, що в свою чергу дозволить отримувати воду з кращими показниками.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Процес видалення солей з води називається знесоленням. При знесолюванні води концентрація розчинених солей знижується до межі, близької до вмісту їх в дистильованій воді.

Методи знесолення води розділяють на дві основні групи: із зміною і без зміни агрегатного стану.

До першої групи методів відносяться [1]:

- дистиляція;
- нагрів води понад критичної температури (350°C);
- заморожування
- газогідратний метод;

до другої групи [1]:

- електродіаліз;
- зворотний осмос;
- ультрафільтрація;
- екстракція;
- іонний обмін.

Найбільш поширеними в практиці водоочищення є дистиляція, іонний обмін, зворотний осмос і ультрафільтрація.

Метод очищення обирається залежно від певних показників: якість води, що очищається, бажана якість очищеної води, що задана споживачем, продуктивність установки і техніко-економічні міркування.

## 1.1 Знесолення води іонним обміном

Іонний обмін - це один з методів пом'якшення води, що базується на використанні іонітів - твердих, майже нерозчинних у воді матеріалів, які можуть обмінювати іони, що входять до їх складу, на іони, що є у воді.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому катіоніти – це речовини, що обмінюють катіони, а ті, що обмінюють аніони називаються аніонітами.

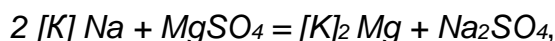
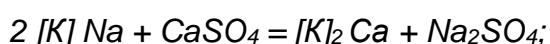
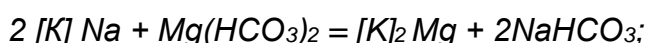
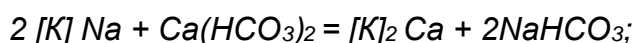
Дуже часто, як іоніти використовують деякі матеріали природного походження, та найчастіше – це синтетичні смоли. Обмінна ємність – це вміст здатних до обміну іонів. Саме це і є основною технічною характеристикою іонітів [3].

При знесоленні води таким методом катіони мають здатність обмінювати іони  $\text{Na}^+$  (Na-форма) або  $\text{H}^+$  (H-форма) на іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , що можуть міститися у воді.

Певними вимогами визначається вибір методу катіонування води. Вони ставляться до обробленої води, а це є: вміст домішок, розчинених у вихідній воді, і техніко-економічні роздуми.

Твердість води може бути знижена до  $0,03 \dots 0,05 \text{ мг-екв/дм}^3$  при одноступінчастому Na-катіонуванні.

При фільтруванні води через шар Na-катіоніту відбуваються наступні реакції обміну[3]:



де [Кат] - нерозчинна матриця полімеру.

Після виснаги робочої обмінної ємності катіоніту він втрачає здатність пом'якшувати воду.

Процес проходження води крізь катіонітові фільтри складається з певних стадій крок за кроком:

1) фільтрування крізь катіоніт води, поки він не стане твердим.

Швидкість фільтрування лежить в межах  $10 \dots 25 \text{ м/год.}$ ;

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) розпушування шару катіоніту потоком води (відпрацьованого регенерата або відмивної води), шляхом знизу вверху (інтенсивність потоку рівна  $3...4 \text{ дм}^3/\text{с}\cdot\text{м}^2$ );

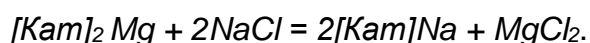
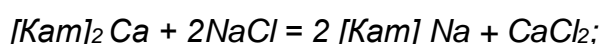
3) спуск водяної подушки, аби оминати зниження концентрації регенеруючого розчину;

4) регенерації катіоніту а саме фільтрування потрібного розчину (швидкість процесу приблизно  $3...5 \text{ м/год.}$ );

5) відмивання катіоніту непом'якшеною водою (швидкість має бути  $8...10 \text{ м/год.}$ ).

На регенерацію катіоніту зазвичай витрачається приблизно 2 год.: на розпушування –  $10...15 \text{ хв.}$ , на фільтрування регенеруючого розчину –  $15...30$ , на відмивання –  $30...60 \text{ хв.}$

Регенерація виснаженого Na-катіоніту спрацьовується фільтруванням крізь нього розчину NaCl. У процесі регенерації відбуваються такі реакції [1]:



Натрій хлорид використовується для регенерації через його доступність, а також завдяки утворенню добре розчинних солей  $\text{CaCl}_2$  і  $\text{MgCl}_2$ , що легко виводяться з регенераційним розчином і відмивною водою.

## 1.2 Очищення води методом ультрафільтрації

Ультрафільтрація — це мембранний процес, що є осередком між нанофільтрацією та мікрофільтрацією, якщо оцінювати за розмірами частинок домішок, що затримуються. Мембрани ультрафільтрів мають пори розміром  $0,01 - 0,1 \text{ мкм.}$  Це дає змогу їм затримувати тонкодисперсні та колоїдні домішки, макромолекули, водорості, високомолекулярні органічні сполуки, одноклітинні організми, цисти, бактерії та віруси [3]. Вилучення іонів та розчинених у воді речовин не відбувається. Тому солевміст води

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

після процесу ультрафільтрації не змінюється. Вода подається насосом під тиском у відсік і проходить крізь мембрану завдяки, тому що з'являється різниця трансмембранного тиску (ТМТ). Щоб не допустити занадто високої концентрації затриманих мембраною домішок, які можуть складатися із колоїдів, молекул, атомів або іонів, частина води, що подається виводиться із системи у вигляді концентрату. Занадто висока концентрація домішок в мембранній системі може привести до створення неорганічних відкладень на поверхні мембрани або до появи колоїдного осаду, який накопичується на мембрані, змінює фільтраційні властивості і впливає на тиск фільтрації. Потік просувається зсередини назовні, тобто вода, що подається протікає всередині волокон, а фільтрат виходить назовні скрізь стінки капілярів мембрани або навпаки.

Ультрафільтраційні мембрани розроблені спеціально для видалення часточок. Вода під тиском протікає скрізь мембрану і часточки залишаються на її поверхні. Через невеликий розмір пор мембрани всі завислі тверді часточки, включаючи мікроорганізми, ефективно видаляються із води. Оскільки такі часточки утворюють осадовий шар на поверхні мембрани, напрям потоку води періодично змінюється (зворотна промивка), щоб видалити цей шар [3].

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 2.1 Характеристика продукції

Продукцією цеху підготовки попередньо очищеної води для котельного відділу є вода після певних стадій освітлення. Характеристики продукту на виході з цеху представленні у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Норми якості знесоленої води

Показники якості води	Знесолена вода	Показники якості води	Знесолена вода
Зважені частки, мг/дм <sup>3</sup>	<0,1	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	-
Солевміст, мг/дм <sup>3</sup>	7-8	Кремнієва кислота, мг/дм <sup>3</sup>	0,05-0,06
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,001-0,005	Окиснюваність, мг/дм <sup>3</sup>	<0,1
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	-	pH	8,0-9,5
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	-	Ферум, мкг/дм <sup>3</sup>	50

### 2.2 Характеристики сировини

Вихідна вода потрапляє на ТЕЦ з берегової насосної станції, розташованої на березі Русанівського каналу. Вона подається в турбінний цех, де попередньо підігрівається до температури 40°C (±1) в конденсаторі турбіни.

Склад води є не постійним. Він залежить від сезону, опадів, водного транспорту та стічних вод заводів розташованих вище за течією. У таблиці 2.2 показано приблизну характеристику вихідної та вже освітленої води.

Таблиця 2.2 – Норми якості вихідної та освітленої води

Показники якості води	Вихідна вода	Освітлена вода
Зважені частки, мг/дм <sup>3</sup>	1 ÷ 10	До 8,0
Солевміст, мг/дм <sup>3</sup>	120 ÷ 200	80 ÷ 120
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	3,0 ÷ 4,5	1,5 ÷ 2,0
Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	2,5 ÷ 4,0	0,8 ÷ 1,0
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	8 ÷ 18	8 ÷ 18
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	160 ÷ 200	160 ÷ 200
Кремнієва к-та, мг/дм <sup>3</sup>	8 ÷ 18	4 ÷ 10
Окиснюваність, мг/дм <sup>3</sup>	5 ÷ 13	До 7,0
Ферум, мкг/кг	350 ÷ 900	300

Контроль за якістю вихідної та освітленої води виконується персоналом з періодичністю 1 раз на місяць.

### 2.3 Характеристика допоміжних матеріалів

Для видалення з води іонів розчинених солей застосовують триступінчатє іонообмінне очищення. Дивлячись на необхідні показники якості вихідної води, нам достатньо буде використовувати 1 ступінь іонного обміну. Як іонообмінні матеріали, що застосовують для знесолення води, використовують різні марки аніонітів. Перша ступінь фільтрів завантажена сильно кислотним катіонітом КУ-2-8 з об'ємною ємністю 600 г-екв/м<sup>3</sup>, високою механічною, хімічною і термічною стійкістю та можливістю регенеруватися.

У механічних фільтрах використовується в якості фільтруючого матеріалу полістирольні кульки з фракцією зерен 3-6 мм, ГОСТ Р 51263-99.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Використання такого матеріалу економічно вигідне, оскільки забезпечить менше навантаження на катіонітові фільтри в результаті збільшеної механічної та хімічної стійкості самого матеріалу [5].

Для досягнення регенерації катіонітів застосовують сіль NaCl.

Для хімічної промивки ультрафільтраційних мембран використовують соляну кислоту, гіпохлорит натрію та гідроксид натрію, характеристика яких наведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Реагенти, які використовуються для промивки УФ мембран

№ п/п	Назва реагенту	Формула, сорт, відсотковий вміст основного компоненту
1	Соляна кислота ДСТУ 2904-94	HCl, Марка А – не менше 35%; Марка Б – не менше 31,5 %.
2	Гідроксид натрію ГОСТ Р 55064-2012	NaOH, Вищий сорт не менше 46 %
3	Гіпохлорит натрію ГОСТ 11086-76	NaOCl, Марка А, Масова концентрація активного хлору – не менше 190 г/дм <sup>3</sup>

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА, ХІМІЗМ, ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

Один з найпоширеніших методів очищення водного теплоносія на сьогодні є іонний обмін. Застосування саме цього методу дозволяє отримати воду необхідної якості для подачі на водогрійне устаткування.

Обробка води методом іонного обміну дуже широко використовується в енергетиці завдяки таким перевагам:

1. Домішки, які видаляються з води, не створюють осаду;
2. Немає потреби в постійному дозуванні реагентів;
3. Однотипність конструкцій фільтрів;
4. Простота обслуговування.

#### 3.1 Теоретичні основи методу іонного обміну

Іонообмінні процеси ґрунтуються на вибіркового поглинанні одного або кількох компонентів з водних розчинів за допомогою іонітів. Тверді, майже нерозчинні у воді та органічних розчинниках матеріали, що мають іонообмінні властивості – це іоніти.

До складу іонітів входять функціональні групи, здатні до іонізації та обміну з електролітами. У результаті іонізації функціональних груп утворюються фіксовані іони, які закріплені на каркасі і не переходять у розчин, та протиіони (обмінні іони). Кількість протиіонів еквівалентна кількості фіксованих іонів. Останні здатні переходити в розчин і обмінюватися з розчину на еквівалентну кількість інших іонів, що мають заряд з тим самим знаком.

Обмін між іонітами і одним розчином зазвичай здійснюється з перебігом хімічних реакцій між хімічними сполуками та іонітом, розчиненими у воді [6]:



					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

де [R] – каркас фіксованих іонів іонітів;  $K_1$  – обмінний катіон іоніту;  $K_2A$  – розчинена у воді сполука з катіоном  $K_2$  і аніоном A.

Отже, до складу іоніту входять фіксовані іони, матриця та проти іони. Іоніти за типом іоногенних груп у їх складі поділяють на нерозчинні кислоти – катіоніти і нерозчинні основи – аніоніти. Згідно зі ступенем іонізації, іоніти поділяються на слабо- і сильно кислотні катіоніти та слабо- і сильно основні катіоніти, що містять сульфгідрильні, карбоксильні та інші групи. До складу сильноосновних аніонітів входять групи амонієвих або сульфонієвих основ, а до слабоосновних – аміногрупи з різним ступенем заміщення. Іоніти одночасно можуть містити різні кислотні та різні основні групи. Такі іоніти називають поліфункціональними (на відміну від монофункціональних, які містять лише тільки один вид функціональних груп).

Катіоніти здатні до обміну катіонітів своїх іоногенних груп на катіони розчинених солей або водневі іони кислот [6]:



Статична обмінна ємність – це кількість функціональних іоногенних груп, що припадають на одиницю об'єму чи маси іоніту. За динамічних умов, тобто під час фільтрування розчину крізь шар іонітові до проскакування у фільтрат іонів, які вилучають, використовується лише частина статичної ємності іоніту – так звана динамічна обмінна ємність до проскакування. Після проскакування іонів у розчин концентрація їх у фільтраті поступово підвищується і досягає вихідної концентрації цих іонів у розчині. При цьому ємність залежить від концентрації іонів у воді та швидкості фільтрування води, коефіцієнта масообміну та довжини зони масообміну, вона також не дорівнює статичній ємності.

За природою матриці іоніти поділяють на неорганічні (мінеральні), органічні, природні та штучні (синтетичні). Природні мінеральні катіоніти належать до групи алюмосилікатів – цеоліти, глини, глауконіти (залізо алюмосилікати калію) та ін. До природних мінеральних аніонітів належать, наприклад, апатити  $[Ca_5(PO_4)_3]F$  або гідроксоapatити  $[Ca_5(PO_4)_3]OH$ . Обмінна ємність цих

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іонітів невелика. В обмін вступає переважно тільки зовнішня поверхня часточок іоніту. До синтетичних мінеральних іонітів належать слабо кислотні алюмо- силікати – пермутити. Їх обмінна ємність також невелика, однак в лужному середовищі може досягати 1,5-2 мг-екв/г [6]. Синтетичні мінеральні іоніти набухають у воді, після чого всі їхні іоногенні групи зерен беруть участь у іонному обміні.

Природніми іонітами органічного походження є гумінові кислоти ґрунтів, гумінові кислоти вугілля, особливо бурого. Вони є слабо кислотними поліелектролітами. Для посилення кислотних властивостей і обмінної ємності вугілля проводять його сульфатацію у надлишку олеуму. Сульфовугілля є найдешевшим поліелектролітом, що має сильно- і слабо кислотні групи. У нейтральному середовищі об'ємна ємність іонітів невелика. Вони також характеризуються малими хімічною стійкістю і механічною міцністю.

За типом проти іонів катіоніти бувають у водневій формі (Н-формі), сольовій (натрієвій) і змішаній, аніоніти – в гідроксидній (ОН-формі), сольовій (сульфатній, хлоридній та ін.) і змішаній, а амфоліти (залежно від умов середовища обмінюються як катіони, так і аніони) – у воднево-гідроксильній, воднево-сольовій, гідроксильно-сольовій та сольовій формах.

Іонообмінні процеси застосовуються для зм'якшення, опріснення та знесолення води, очищення стічних вод та різних розчинів, вловлювання і концентрування цінних металів із розбавлених водних розчинів, розділення суміші речовин у розчині, вловлювання і концентрування радіоактивних іонів, коригування мінерального складу очищення стічних вод у системах оборотного водопостачання тощо. Іоніти можна використовувати як сильно полярні поглиначі, які здатні вилучати органічні речовини з розчинів із низькою діелектричною проникністю.

### 3.2 Теоретичні основи методу ультрафільтрації

Мембранні методи очищення стічних вод ґрунтовані на властивості пористих тіл одні речовини пропускати краще, а ніж інші. Методи

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мембранного розділення, які застосовуються в технології водоочищення, умовно поділяють на діаліз, електродіаліз, мікрофільтрацію, ультрафільтрацію, зворотній осмос. Відповідно до виду перенесення речовини мембранні методи можна розділити на дифузійні, електричні та гідродинамічні. Гідродинамічними методами є фільтрація, ультрафільтрація і зворотний осмос.

Ультрафільтрація застосовується для концентрування ліозолів при очищенні стічних вод, розчинів полімерів та їх очищення від низькомолекулярних речовин. Під час ультрафільтрації високомолекулярні речовини затримуються мембраною, тому що розмір їх молекул більше, ніж розмір пор, або внаслідок великого тертя їх молекул об стінки пор мембрани, а низькомолекулярні речовини і розчинник вільно проходять через її пори.

Від звичайного фільтрування ультрафільтрацію відрізняє відділення менших частинок та розмір пор мембрани, які при ультрафільтрації не мають перевищувати розмірів частинок золю. До того ж, внаслідок цього процесу отримують більш концентрований ліозоль (суспензію), а не осад, що утворюється при звичайному фільтруванні. Перепади тисків при ультрафільтрації досягають  $10^3$  кПа і навіть вище. Механізм ультрафільтрації схожий із звичайним фільтруванням [5].

Ефективність процесу ультрафільтрації залежить від властивостей мембран. Мембрани поділяються на фільтраційні (напівпроникні) та дифузійні. Фільтраційні мембрани розділяють речовини в рівноважних умовах, розмір їхніх пор можна порівняти з розмірами проникаючих частинок чи молекул. Дифузійні мембрани частіше застосовують для розділення газів методом газової дифузії. Фільтраційні мембрани можна поділити на макро-, перехідно- і мікропористі (подібно адсорбентам). Мікропористі мембрани можуть бути нейтральними або іонітовими.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Мембрани повинні володіти високою проникністю (питомою продуктивністю), доброю селективністю (роздільною здатністю), стійкістю до дії середовища, постійністю характеристик, достатньою механічною міцністю.

Головними характеристиками процесу ультрафільтрації є селективність та проникність мембран. Проникність (або питома продуктивність) виражається кількістю  $V$  фільтрату, віднесеним до одиниці часу  $t$  і одиниці поверхні  $S$  мембрани:

$$Q = \frac{V}{St} = k_1(\Delta p - \Delta p_0), \quad (3.1)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, що залежить від проникності мембрани;  $\Delta P$  - різниця тисків розчину (води) до і після мембрани;  $\Delta p_0$  - різниця осмотичних тисків [5].

Селективність визначають (у %) за наступною формулою:

$$\varphi = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \cdot 100 = \left(1 - \frac{c_2}{c_1}\right) 100, \quad (3.2)$$

де  $c_1$  і  $c_2$  - концентрація розчиненої речовини або дисперсної фази відповідно у вихідному розчині (стічній воді) і фільтраті (очищеній воді) [5].

При 100%-й селективності мембрана пропускає тільки розчинник (очищену воду).

Пористість  $\beta$  мембрани можна виразити співвідношенням:

$$\beta = \pi d_{cp}^2 n / 4, \quad (3.3)$$

де  $d_{cp}$  - середній діаметр пори, м;  $n$  - кількість частинок на 1 м<sup>2</sup> площі мембрани [5].

В процесі очищення деяка невелика кількість розчиненої речовини проходить через мембрану разом з водою. Цей проскок  $S$  практично не залежить від тиску:

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$S = k_2(c_1 - c_2), \quad (3.4)$$

де  $k_2$  - константа мембрани [5].

Відношення об'єму отриманого фільтрата до об'єму води на вході, виражене у відсотках, називають конверсією:

$$x = \frac{V_\phi}{V_0}, \quad (3.5)$$

де  $V_\phi$  – об'єм одержаного фільтрата,  $V_0$  – об'єм води на вході ді мембранного модуля.

Оскільки певна частина води витрачається на промивання мембрани, конверсія завжди менша за 100 %, вона знаходиться в межах 40-80 %. Конверсію можна регулювати, змінюючи параметри проведення процесу фільтрації. Висока конверсія означає скидання менших об'ємів води у дренаж та, відповідно, більший вихід кінцевого продукту – очищеної води. Однак збільшуючи конверсію та, відповідно, зменшуючи долю концентрату, можна спричинити швидке забруднення мембрани та дуже швидке падіння продуктивності. Величина конверсії повинна регулюватися залежно від складу вихідної води, у тому числі від якості її попереднього очищення, а також від необхідної якості фільтрату[5].

За способом створення рушійної сили процесу – трансмембранного тиску – ультрафільтрація поділяється на напірну та вакуумну. У випадку напірної ультрафільтрації різниця тисків, необхідна для забезпечення процесу фільтрування води крізь мембрану, створюється за рахунок тиску води, яка подається на мембрану. При вакуумній ультрафільтрації різниця тисків забезпечується створенням розрідження на виході мембранного елемента, який є зануреним у воду [5].

При тангенціальній фільтрації забруднення постійно змиваються з поверхні мембрани тангенційно направленим потоком води, на що може витрачатися до 80 % пермеату. Процес тангенціальної фільтрації більш

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характерний для нанофільтрації і зворотного осмосу та майже не використовується у мікрофільтрації та ультрафільтрації через великі складнощі конструктивної організації процесу [5].

Сутність розчиненої речовини впливає на селективність. При однаковій молекулярній масі неорганічні речовини затримуються на мембрані краще, ніж органічні. З підвищенням тиску питома продуктивність мембрани збільшується. Проте за високих тисків відбувається ущільнення матеріалу мембран, що викликає зниження проникності, тому кожному виду мембран встановлюють максимальний робочий тиск.

Зі збільшенням температури також збільшується проникність мембран, але при цьому підвищується осмотичний тиск, який зменшує проникність; починаються усадка і стягання пор мембрани, що також знижує проникність; зростає швидкість гідролізу, скорочуючи термін служби мембран.

Так як через мембрану частіше всього проходить розчинник, то у її поверхні на багато збільшується концентрація розчинених або диспергованих речовин. Це називається концентраційною поляризацією. Воно може сприяти до зниження швидкості процесу переносу, до осадження розчиненої речовини та коагуляції дисперсної фази.

Для зменшення впливу концентраційної поляризації застосовують рециркуляцію розчину і турбулізацію прилеглого до мембрани шару рідини.

Найбільш економічним режимом роботи ультрафільтраційних установок є «тупиковий», коли вся вихідна вода пропускається через мембрану. У ряді випадків для боротьби зі зростанням осаду над поверхнею мембрани створюють додатковий потік з оброблюваної рідини, який розмиває накопичений осад. Для більш ефективного видалення забруднень з поверхні та з пор мембрани використовують метод зворотних промивок, при якому очищену воду (фільтрат) пропускають через мембрану в напрямку, протилежному напрямку фільтрування. Для запобігання біологічного

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

заростання ультрафільтраційних мембран в воду для зворотного промивання мембранних елементів додають дезинфектант, найчастіше, гіпохлорит натрію.

Отже, якісними відмінностями ультрафільтраційних мембран від альтернативних технологій є:

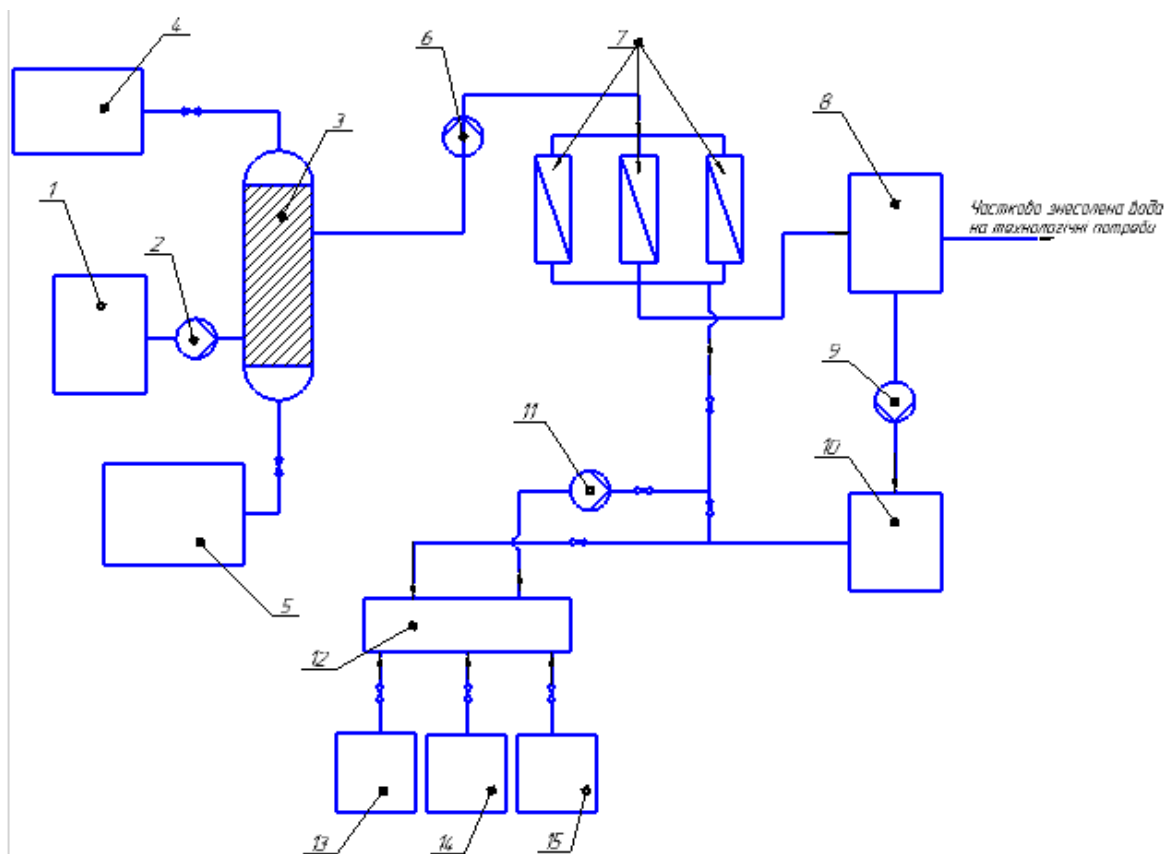
- 1) ефективна ультратонка фільтрація води за низького робочого тиску 1-2 атм;
- 2) зменшення кількості використовуваних реагентів більш ніж в 10 разів;
- 3) проста автоматизація;
- 4) повне видалення зважених речовин;
- 5) дезінфекція (видалення 99,99 % бактерій і вірусів);
- 6) освітлення води (зниження каламутності і кольоровості води);
- 7) високий ступінь очищення води від заліза і марганцю;
- 8) ефективне видалення колоїдного кремнію і органічних речовин;
- 9) ультратонке очищення води (ступінь фільтрації 0,01 мікрон);
- 10) ультрафільтрація дозволяє зберегти сольовий склад природної води [6].

В той саме час ультрафільтрація має декілька недоліків порівняно з іншими методами фільтрування. А саме вузький технологічний діапазон – необхідність чіткого підтримування умов проведення процесу; порівняно невисока межа концентрування, яка для гідрофільних речовин звичайно не перевищує 20-35 %, а для гідрофобних – (50÷60) %; невеликий (1÷7 роки) термін служби мембран внаслідок осадоутворення в порах та на їх поверхні, що призводить до забруднення, отруєння та пірушення структури мембран чи погіршення їх механічних властивостей [7].

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Технологічну схему відділення знесолення води зображено на рисунку 4.1.



1 – бак вапнованої води; 2 – насос вапнованої води; 3 – натрій-катіонітовий фільтр; 4 - бак з розчином солі NaCl; 5 – бак з частково пом'якшеною водою для розпушення катіоніту ; 6 – насос частково знесоленої води; 7 – установка ультрафільтрації; 8 – бак УФ-пермеату на подальшу обробку; 9 – насос УФ-пермеату; 10 – бак УФ-пермеату для зворотної промивки; 11 – насос води для зворотної промивки; 12 – станція СІР та СЕВ промивок; 13 – станція дозування гідроксиду натрію; 14 – станція дозування гіпохлориту натрію; 15 – станція дозування кислоти

Рисунок 4.1 - Принципова технологічна схема попереднього очищення води

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Попередньо вапнована вода з баку вапнованої води 1 з допомогою насоса 2 поступає на установку пом'якшення фірми Pro Minet DOUCEMAT WZD 25 (поз. 3). Установка складається з колони, в яку завантажений іонообмінний матеріал. В процесі пом'якшення з води видаляються катіони твердості ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) і заміщаються на іони  $\text{Na}^+$ .

Іонообмінний матеріал регенерують за допомогою 20...22 %-го розчину  $\text{NaCl}$ . Процес регенерації іонообмінного матеріалу відбувається автоматично в залежності від кількості виробленої пом'якшеної води. 20...22 %-ий розчин хлориду натрію готується у відповідності з СРП-Х-ПВ-ДР-02 «Приготування 20...22 % розчину хлориду натрію «Екстра» для регенерації колон.

Після іонообмінника пом'якшена вода насосом 6 відводиться до ультрафільтраційної установки 7, що забезпечує тонку фільтрацію води до 0,01 мкм. Після ультрафільтраційних мембран, вода надходить у бак для УФ-пермеату 8. Проектом передбачається 3 модуля ультрафільтрації з номінальною продуктивністю  $53\text{м}^3/\text{год}$  кожен, що складаються з 29 ультрафільтраційних елементів Dow Ultrafiltration SFP2880 компанії Dow Chemical, США.

Ультрафільтраційні модулі вимагають короткочасної періодичної промивки очищеною водою, для чого подається вода з баку для пермеату 10. Перемикання режимів роботи установки проводиться автоматично за заданою програмою. Крім того, для хімічної промивки та хімічної регенерації модулів в складі установки є спеціальне устаткування для приготування реагентів, що включає ємності приготування розчинів, насоси подачі розчинів реагентів, насоси-дозатори і контрольно-вимірювальні прилади поз. 13-15.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Розрахунок та вибір основного технологічного апарату

Вихідні дані для розрахунку Na-катіонітового фільтра першої ступені:

Склад вихідної води, мг-екв / дм<sup>3</sup>:

- [Na<sup>+</sup>] – 0,74 ;
- [Ca<sup>2+</sup>] – 5,28 ;
- [Mg<sup>2+</sup>] – 0,97.

Продуктивність  $Q = 1,67$  м<sup>3</sup>/год.

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування 1 м<sup>3</sup>/год [7]:

$$F = Q / w;$$

$$F = 1,67 / 1 = 1,67 = 2 \text{ м}^2.$$

Діаметр фільтра  $D = 3000$  мм, висота шару  $h_{\text{ш}} = 2,5$  м.

$$f_k = \pi \cdot D^2 / 4;$$

$$f_k = 3,14 \cdot 3^2 / 4 = 7 \text{ м}^2.$$

Кількість фільтрів розраховують за формулою:

$$n = F / f_k = 2 / 7 = 0,4 \approx 1+1 \text{ резервний.}$$

Дійсна швидкість фільтрування визначається за формулою :

$$\omega = Q / f_k / n;$$

$$\omega = 1,67 / 7 / 2 = 0,12 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість катіоніту КУ-2-8, яку необхідно завантажити у фільтри, у тому числі й у резервний:

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = Q_{\text{доб.}} \cdot (Na^+ + Ca^2 + Mg^{2+}) / E_{\text{кат.}},$$

де  $Q_{\text{доб.}}$  – добова продуктивність фільтра:

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{доб.}} = 24 \cdot 1,67 + 24 \cdot 1,67 / n = 60 \text{ м}^3/\text{доб.};$$

$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  – концентрація іонів  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  у воді, мг-екв/дм<sup>3</sup>;

$E_{\text{кат.}}$  – обмінна ємність катіоніту, г-екв/м<sup>3</sup> [7];

$$V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} = 60 \cdot (0,74 + 5,28 + 0,97) / 600 = 3,3 \text{ м}^3.$$

Об'єм катіоніту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{вол.}} / K_{\text{кат.}}^{\text{наб}} = 3,3 / 2,06 = 1,6 \text{ м}^3,$$

де  $K_{\text{кат.}}^{\text{наб}}$  – коефіцієнт набрякання катіоніту.

Маса повітряно-сухого катіоніту, завантаженого у фільтри, визначається за формулою :

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = V_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} \cdot \rho_{\text{кат.}}^{\text{сух.}},$$

де  $\rho_{\text{кат.}}^{\text{сух.}}$  – насипна густина катіоніту, т/м<sup>3</sup>;

$$M_{\text{кат.}}^{\text{сух.}} = 1,6 \cdot 0,7 = 1,12 \text{ т.}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою :

$$\tau = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{кат}} \cdot n / Q / C ,$$

де  $C$  – концентрація всіх катіонів;

$$\tau = 7 \cdot 2,5 \cdot 600 \cdot 2 / 1,67 / (0,74 + 5,28 + 0,97) = 18 \text{ год.};$$

Добове число регенерації визначається за формулою:

$$m = 24 \cdot 2 / 18 = 2,7 \text{ рег./ доб.}$$

Витрата 100% розчину  $\text{NaCl}$  ( $\rho = 2170 \text{ кг/м}^3$ ) для регенерації визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{NaCl}}^{100} = f_r \cdot h_{\text{ш}} \cdot b,$$

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де  $b$  – питома витрата NaCl, кг / м<sup>3</sup> [7].

$$\sigma_{\text{NaCl}}^{100} = 7 \cdot 2,5 \cdot 60 = 95 \text{ кг} = 0,04 \text{ м}^3.$$

Добова витрата 100% NaCl на регенерацію:

$$\sigma_{\text{NaCl}}^{\text{доб}} = \sigma_{\text{NaCl}}^{100} \cdot m = 95 \cdot 2,7 = 257 \text{ кг}.$$

Для регенерації використовується 20% розчин NaCl ( $\rho = 229,5 \text{ кг/м}^3$ ).

Його витрата на одну регенерацію розраховується за формулою :

$$\sigma_{\text{NaCl}}^{20} = \sigma_{\text{NaCl}}^{100} \cdot 100 / 20;$$

$$\sigma_{\text{NaCl}}^{20} = 95 \cdot 100 / 20 = 475 \text{ кг} = 2,07 \text{ м}^3.$$

Кількість води на приготування 20 % розчину NaCl:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \sigma_{\text{NaCl}}^{20} - \sigma_{\text{NaCl}}^{100};$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,07 - 0,04 = 2,03 \text{ м}^3.$$

Тривалість пропуску регенераційного розчину при швидкості потоку

$w_{\text{рег.}} = 1 \text{ м}^3 / \text{год}$  визначається за формулою :

$$t_1 = \sigma_{\text{NaCl}}^{20} / f_k / \omega,$$

$$t_1 = 2,07 / 7 / 1 = 0,3 \text{ год}.$$

Витрата води на відмивання визначається за формулою :

$$V_{\text{відм.}} = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot a ,$$

де  $a$  – питома витрата води на відмивання, м<sup>3</sup> / м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{відм.}} = 7 \cdot 2,5 \cdot 1 = 17,5 \text{ м}^3.$$

Тривалість відмивання при швидкості промивного потоку  $\omega = 10 \text{ м} / \text{год}$  визначається за формулою :

$$t_2 = V_{\text{відм.}} / f_k / \omega;$$

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$t_2 = 17,5 / 7 / 10 = 0,25 \text{ год.}$$

Витрата води на розпушення при інтенсивності подачі води  $i = 3 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ :

$$V_{\text{розп.}} = f_k \cdot t_3 \cdot i \cdot 60 / 1000 ,$$

де  $t_3$  – тривалість розпушення, хв. [7];

$$V_{\text{розп.}} = 7 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60 / 1000 = 12,6 \text{ м}^3.$$

Загальна тривалість регенерації визначається за формулою :

$$t = t_1 + t_2 + t_3;$$

$$t = 0,3 + 0,25 + 10 / 60 = 0,7 \text{ год.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію визначається за формулою :

$$V_{\Sigma} = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{відм.}} + V_{\text{розп.}};$$

$$V_{\Sigma} = 2,03 + 17,5 + 12,6 = 32,13 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні потреби визначається за формулою :

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\Sigma} \cdot m / 24 ,$$

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = 32,13 \cdot 2,7 / 24 = 3,6 \text{ м} / \text{год.}$$

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Розрахунок баку для накопичення води

У відділенні підготовки води для ін'єкцій після теплообмінника, який підігріває воду до необхідної температури є бак для акумулювання підігрітої води.

Розрахунок цієї ємності проводиться за рівнянням [8]:

$$V_p = W \cdot \tau, \quad (6.3)$$

де  $W$  – об'ємна витрата рідини, м<sup>3</sup>/год;

$\tau$  – час перебування рідини в ємності, год.

Обираємо час перебування рідини в ємності 20 хвилин.

Геометричний об'єм ємності більше робочого на 10÷15%, що враховується при виборі ємності.

Розрахуємо об'єм баку для акумулювання води питної за формулою 6.3:

$$V_p = 15 \cdot 0,3 = 4,5 \text{ м}^3.$$

Якщо врахувати надбавку 15 %, то геометричний об'єм ємності складатиме 5 м<sup>3</sup>.

Обираємо ємність, прямокутну в плані з параметрами: висота 1,6 м, ширина 2 м, довжина 2 м, виготовлену з поліпропілену.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3 Розрахунок насосу

Насос для перекачування води при температурі 20 °С з баку в апарат, що працює під надмірним тиском 0,1 МПа. Витрата води  $Q = 0,004 \text{ м}^3/\text{с}$ . Геометрична висота підйому води 1,5 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м, на лінії нагнітання 3 м. На лінії нагнітання є 3 відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним шести діаметрам труби, і 2 нормальних вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено 1 прямоточний вентиль.

Вибір трубопроводу [8]:

для всмоктувального і нагнітального трубопроводу прийmemo однакову лінійну швидкість води  $\omega$ , що дорівнює 2 м/с.

Тоді мінімальний діаметр рівний:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,004}{3,14 \cdot 2}} = 0,07 \text{ м.}$$

Вибираємо сталевий трубопровід зовнішнім діаметром 80 мм з товщиною стінки 4 мм. Тоді внутрішній діаметр  $d = 0,072 \text{ м}$ . Фактична швидкість води в трубi:

$$\omega = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,004}{3,14 \cdot 0,072^2} = 0,98 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначення втрат на тертя і місцеві опори.

Знаходимо значення критерію Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (6.4)$$

де  $\mu$  – динамічна в'язкість води, Па·с.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Re = \frac{0,98 \cdot 0,072 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 70243.$$

Це значення критерію Рейнольдса вказує на турбулентний режим. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо рівною  $2 \cdot 10^{-4}$  м.

Тоді:

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,072} = 0,0028.$$

Розрахунок  $\lambda$  слід проводитися за формулою:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( 0,0028 + \frac{68}{70243} \right)^{0,25} = 0,027.$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктувальної і нагнітальної ліній.

Для всмоктувальної лінії:

- вхід в трубу (приймаємо з гострими краями):  $\xi_1 = 0,5$
- прямоточні вентилі: для  $d = 0,072$  м,  $\xi_a = 0,6$ .

Помноживши на поправочний коефіцієнт 0,925, одержуємо  $\xi_2 = 0,55$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктувальній лінії:

$$\Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 = 0,5 + 0,55 = 1,05.$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо за формулою:

$$h_{\Pi} = \left( \lambda \frac{l}{d_e} + \Sigma \xi_{M.C} \right) \frac{\omega^2}{2g}, \quad (6.5)$$

де  $l$ ,  $d_e$  - відповідно довжина і еквівалентний діаметр трубопроводу.

$$h_{n.вс} = \left( 0,026 \frac{2}{0,072} + 1,05 \right) \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,09 \text{ м.}$$

Для нагнітальної лінії:

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- відведення під кутом  $90^\circ$ : коефіцієнт  $A = 1$ , коефіцієнт  $B = 0,09$ ;  
 $\xi_1 = 0,09$ ;

- вентилі: для  $d = 0,06$  м  $\xi = 3,9$ , для  $d = 0,08$  м  $\xi = 4$ .

Приймаємо для  $d = 0,072$  м  $\xi_2 = 3,96$ ;

- вихід з труби:  $\xi_3 = 1$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів в нагнітальній лінії:

$$\Sigma \xi = 3 \cdot \xi_1 + 2 \cdot \xi_2 + \xi_3 = 2 \cdot 0,09 + 3 \cdot 3,96 + 1 = 9,19.$$

Втрачений напір в нагнітальній лінії:

$$h_{n.наг} = \left( 0,026 \frac{3}{0,072} + 9,19 \right) \frac{0,98^2}{2 \cdot 9,81} = 0,5 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{втр} = h_{n.вс} + h_{n.наг} = 0,09 + 0,5 = 0,59 \text{ м.}$$

Вибір насоса [8]

Знаходимо напір насоса за формулою:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_{\Gamma} + h_{втр}, \quad (6.6)$$

де  $p_1$  – тиск в апараті, з якого перекачується рідина,

$p_2$  – тиск в апараті, в який подається рідина, різниця тисків дорівнює надмірному тиску, Па;

$H_{\Gamma}$  – геометрична висота підйому рідини.

$$H = \frac{0,110^6}{998 \cdot 9,81} + 1,5 + 0,59 = 12,3 \text{ м вод.ст.}$$

Напір при заданій продуктивності забезпечується відцентровими насосами.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Визначимо корисну потужність насоса:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 9989,81 \cdot 0,00412,3 = 481,7 \text{ Вт} = 0,482 \text{ кВт}.$$

Приймаючи к.к.д. передачі  $\eta_{\text{ПЕР}} = 1$  і  $\eta_{\text{Н}} = 0,6$  (для відцентрового насоса середньої продуктивності), знайдемо потужність на валу двигуна:

$$N = N_{\Pi} / (\eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{ПЕР}}) = 0,482 / (0,6 \cdot 1) = 0,8 \text{ кВт}.$$

Заданим подачі і напору більше всього відповідає відцентровий насос марки CDXM 200/12,  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $H = 12,5 \text{ м}$ ,  $\eta_{\text{Н}} = 0,6$ .

У п'ятому розділі дипломного проекту розраховано та обрано основне обладнання: необхідна кількість На-катіонітових фільтрів 1-ї ступені – 2, загальна тривалість регенерації  $t = 1,3 \text{ год}$ , сумарна витрата води на регенерацію  $V_{\Sigma} = 41,5 \text{ м}^3$ ; та допоміжне обладнання: бак для акумулювання підігрітої води – висота 1,6 м, ширина 2 м, довжина 2 м, відцентровий насос для перекачування води – потужність двигуна  $N = 0,8 \text{ кВт}$ .

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Сучасні умови існування хімічної промисловості вимагають постійного модернізування виробництв. Цей процес є неможливим без часткової або повної автоматизації.

Впровадження автоматизації забезпечує збільшення кількості, покращення якості та зниження собівартості виготовленої продукції, за рахунок зменшення чисельності працівників та скорочення витрат на заміну обладнання.

Процеси водоочищення складні, вони вимагають потужного обладнання та оперують великою кількістю параметрів.

Метою цього розділу дипломного проекту є автоматизація установки ультрафільтрації з метою покращення якості продукту, зниження кількості витрат сировини і енергії, а також скорочення кількості браків та відходів.

### 6.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу очищення природної води реагентним методом, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень контролю і регулювання параметрів:

- температура вихідної води;
- витрата вихідної води;
- рН вапнованої води;
- регулювання тиску на ультрафільтраційних мембранах;
- рівень очищеної води у баках;

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- концентрація реагентів для промивання мембран УФ.

Значення параметрів регулювання та контролю виробництва наведено у таблиці 6.1

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід 1d	Температура	40±1 °C	Контроль, регулювання
2	Трубопровід 1d	Витрата	360 м³	Контроль, регулювання
3	Трубопровід 1d	pH	2...11	Контроль
4	Ультрафільтраційні мембрани	Перепад тиску	до 2 МПа	Контроль, сигналізація
5	Бак вапнованої води	Рівень	4 м	Контроль, сигналізація
6	Бак очищеної води	Рівень	4 м	Контроль, сигналізація
7	Трубопровід 2	Концентрація HCl	35 %	Контроль
8	Трубопровід 3	Концентрація NaOH	99,5 %	Контроль
9	Трубопровід 18	Концентрація NaOCl	15 %	Контроль

Таблиця 6.1 - Параметри регулювання та контролю виробництва



## 6.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, мінімізації можливих людських помилок, контролю, реєстрації та регулювання технологічних параметрів розроблено схему автоматизації.

Контури 1, 7 та 8 застосовують для контролю, регулювання та сигналізації рівня у баках вапнованої та очищеної води. Вони складаються з первинних вимірювальних перетворювачів акустичного рівнеміра (1-1, 7-1, 8-1), проміжних перетворювачів акустичного рівнеміра (1-2, 7-2, 8-2), вторинних показувальних пристроїв з вбудованими пристроями сигналізації (поз. 1-3, 7-3, 8-3), мікропроцесорного регулятора (1-4, 7-4), виконавчого механізму пневматичного (1-5), електричного виконавчого механізму (7-5).

Для контролю та регулювання витрати води в трубопроводі 1d розроблено контур 3, що складається з первинного перетворювача витрати (3-1), проміжного перетворювача (3-2), приладу вторинного показувального, реєструвального (3-3), регулювального блоку (3-4), перетворювачів електропневматичних (3-5, 3-7, 3-9, 3-11, 3-13) та виконавчих механізмів (3-6, 3-8, 3-10, 3-12, 3-13).

Контур 2 застосовують для контролю перепаду тиску на ультрафільтраційних мембранах, що складається з мікропроцесорного тензодатчика різниці тисків (2-1), вторинного показувального та реєструвального приладу (2-2) та нормувального перетворювача (2-3).

Контури 4, 5, 6 застосовують для контролю концентрації води та реагентів для промивання мембран, що складаються з первинного перетворювача кондуктометричного аналізатора рідини з пристроєм сигналізації (4-1, 5-1, 6-1) і вторинного показувального і реєструвального приладу (4-2, 5-2, 6-2).

Специфікацію устаткування, виробів і матеріалів, яка містить використані в схемі технічні засоби, наведено в додатку а [10].

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Обґрунтувати доцільність існування певного відділу підприємства дають змогу економіко-організаційні розрахунки.

Технологічний процес відділення знесолення води методом іонного обміну і ультрафільтрації складається з наступних основних процесів занесених до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Тривалість операцій технологічного процесу

№ п/п	Операція	Час, хв.
1	Перекачування попередньо вапнованої води	10
2	Фільтрація на іонообмінному фільтрі	20
3	Процес ультрафільтрації	20
4	Приготування NaCl для промивки іонообмінного фільтру	10
5	Перекачування знесоленої води в бак	10
6	Промивка іонообмінного фільтру	10

Допоміжні процеси (промивання мембран, дозування реагентів для промивки) та контроль якості не внесені до розрахунку виробничого циклу.

ВРПП знесолення води зображено на рисунку 7.1.

Задана продуктивність для даного виробництва 1670 дм<sup>3</sup>/год. При безперервному виробництві використовується синхронізований ВРПП. Він забезпечує необхідну продуктивність без введення додаткової виробничої лінії.

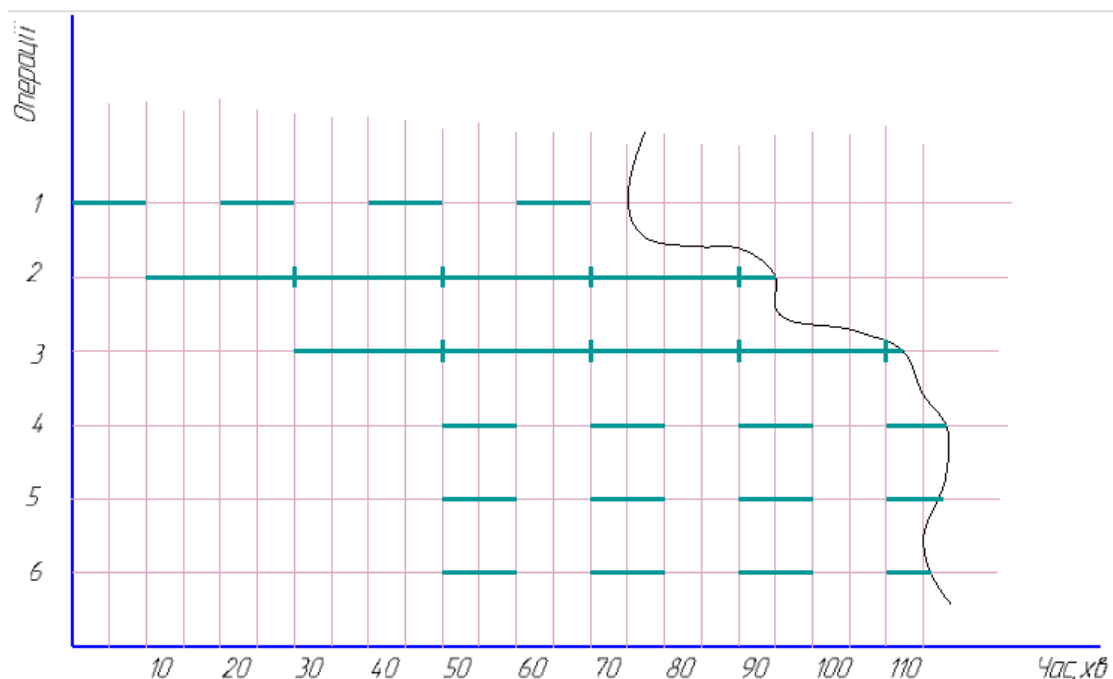


Рисунок 7.1 – ВРПП відділення знесолення води

Відділення працює 365 днів на рік, 7 днів на тиждень. Тривалість зміни 8 годин. Тривалість роботи відділу за рік складає 8760 год.

Тривалість виробничого циклу (фактична):

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}} = T_{\text{ВЦ}} + T_{\text{ДО}} + T_{\text{перерв}}, \quad (7.1)$$

де  $T_{\text{ВЦ}}$  – тривалість виробничого циклу;  $T_{\text{ДО}}$  – тривалість допоміжних операцій (не враховуються).

$T_p$  – тривалість роботи цеху протягом доби:

$$T_p = 24 \text{ год.}$$

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{СР}} = \frac{24 \cdot D_{\text{к}}}{T_p \cdot D_{\text{р}}} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}}, \quad (7.2)$$

де 24 – кількість годин у добі;  $D_k$  – кількість календарних днів у році;  $T_p$  – тривалість роботи підприємства за добу, год;  $D_p$  – кількість робочих днів протягом року [11].

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{CP}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год.}$$

Продуктивність відділення складає 1670  $\text{дм}^3/\text{год}$ . За рік підприємство планово випускає води очищеної:

$$V^{\text{рік}} = n_{\text{доб}} \cdot D_p, \quad (7.3)$$

де  $D_p$  – кількість робочих днів протягом року;  $n_{\text{доб}}$  – кількість продукції, що випускається на добу,  $\text{дм}^3$ :

$$V^{\text{рік}} = 1670 \cdot 24 \cdot 365 = 14\,629\,200 \frac{\text{дм}^3}{\text{рік}}.$$

Кількість одиниць обладнання наведена в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Кількість одиниць обладнання та їх вартість

№	Назва апарату	Кількість одиниць	Вартість одиниці, грн	Вартість сумарна, грн
1	Іонообмінник	1	1 750 000	1 750 000
3	Реагентне господарство	1	410 000	410 000
4	Станція СІР та СЕВ промивок	1	32 400	32 400
5	Установка ультрафільтрації	1	2 345 000	2 345 000
6	Баки	3	4 500	13 500
7	Насос	4	10 000	40 000
	Всього			4 590 900

## 7.1 Організаційна структура відділення знесолення води

Посади та схема підпорядкування цеху зображено на рисунку 7.2.

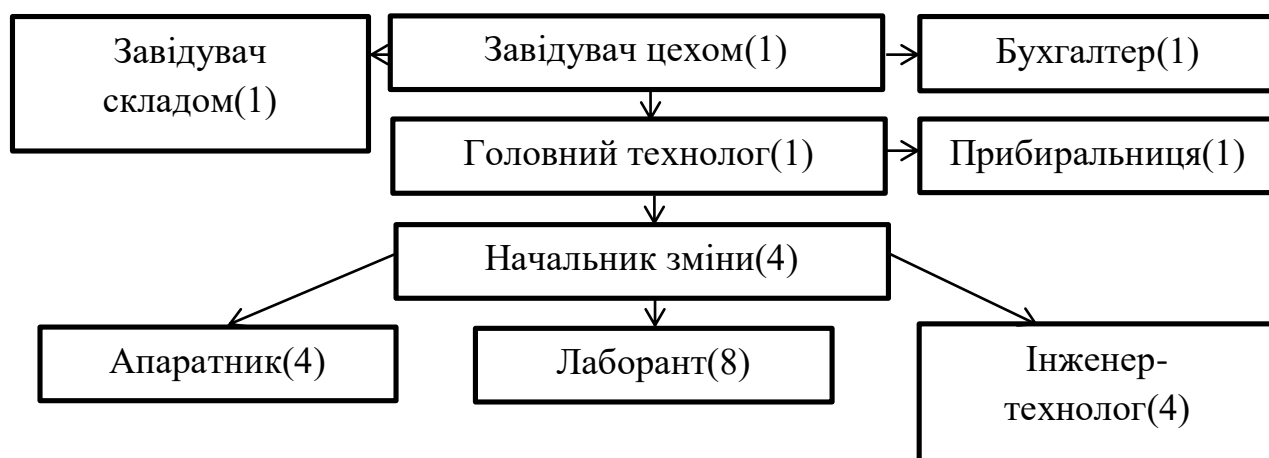


Рисунок 7.2 – Організаційна структура відділення

Чисельність персоналу визначається наступними особливостями. Явочна чисельність персоналу – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства протягом робочої зміни.

Підприємство має тризмінний режим роботи, тривалість зміни 8 годин, 7 днів на тиждень. Начальник цеху, бухгалтер, головний технолог, прибиральниця та завідуючий складом працюють 5 днів на тиждень, тривалість робочого дня – 8 годин (9:00-17:00). Для лаборанта, начальника зміни, апаратника, інженера-технолога робочий тиждень: режим роботи у три зміни, тривалість зміни 8 годин. В одну зміну виходять 2 лаборантів, 1 начальник зміни, 1 апаратник, 1 інженер-технолог.

Чисельність за списком – потреба підприємства у працівниках, яка крім явочної чисельності включає додатково необхідну кількість персоналу для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин. Тому чисельність за списком розраховується:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}}, \quad (7.4)$$

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}}, \quad (7.5)$$

де  $T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}$  – річна тривалість роботи підприємства в годинах;  $T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$  – річна тривалість роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, хвороб, відпусток в годинах;  $K_{\text{перерах.}}$  – коефіцієнт перемінності персоналу [11].

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2016 \text{ год.}$$

де  $T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$  – тривалість роботи працівника за рік.

Кількість бригад:

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2016} = 4,3 \approx 4.$$

Відділу необхідно 4 бригади працівників для забезпечення заданої продуктивності.

Тривалість змінообороту 16 днів.

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} \cdot (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вихідн.}}) \cdot T_{\text{зміни}},$$

$$T_{\text{прац.}}^{\text{рік}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

Чисельність працівників за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}};$$

$$K_{\text{перерах.}} = \frac{T_{\text{відділу}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = \frac{8760}{2190} = 4.$$

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочі зміни: 6:00-14:00; 14:00-22:00; 22:00-6:00.

Графік змінності підприємства наведений у таблиці 8.5.

Таблиця 7.4 – Графік змінності 4-ьох бригад на підприємстві, що працює цілодобово в 3 зміни

Дні Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3

Чисельність виробничого персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{перерах.}} = 5 \cdot 4 = 20 \text{ осіб.}$$

Чисельність керуючого та обслуговуючого персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{п-ва}}}{T_{\text{прац.факт}}} = 5 \cdot \frac{2016}{2016} = 5 \text{ осіб.}$$

Річну фактичну тривалість роботи лаборанта, начальника зміни, апаратника, інженера-технолога за нормальних умов праці складає:

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{T_{\text{зм.обор}}} \cdot (T_{\text{зм.обор}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}},$$

де  $T_{\text{зм.обор}}$  - тривалість змінообороту, дні;  $T_{\text{вих}}$  - кількість днів відпочинку в змінообороті;  $t_{\text{зм}}$  – тривалість робочої зміни, год [11].

$$T_{\text{рік факт}}^{\text{прац}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.}$$

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{перепрац}} = 2190 - 2016 = 174 \text{ год/рік.}$$

Річна фактична тривалість роботи начальника цеху, бухгалтера, головного технолога, завідуючого складом та прибиральниці становлять:

$$T_{\text{п-ва}}^{\text{прац.}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}} - 1);$$

$$T_{\text{вир факт}}^{\text{н.у.}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) = 2016 \text{ год.}$$

$$T_{\text{перепрац}} = 2016 - 2016 = 0 \text{ год/рік}$$

Перепрацювання кожного з працівників, що працюють позмінно – 174 год/рік., працівників, які працюють з 8:00 до 17:00 5 днів на тиждень – 0 днів, що враховано при нарахуванні заробітної плати.

## 7.2 Порядок технічного контролю на виробництві

Об'єктами технічного контролю є:

- сировина і матеріали;
- напівфабрикати власного виготовлення;
- технологічний процес;
- транспортування;
- допоміжні процеси.

На даному підприємстві суб'єктами технологічного контролю є: керуючий персонал і головний інженер-технолог.

Всі види контролю якості проводять лаборанти. На всіх етапах контролю оформлюються вихідні журнали: вхідного, поточного і заключного контролю.

Вхідний контроль - це контроль обладнання, супутніх матеріалів та

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



сировини. Контроль сировини проводиться на рН та крупні забруднення.

Поточний контроль включає аналіз проб води, після кожного ступеню очищення. Воду аналізують як в ручному режимі так і автоматично хімічні показники: рН, температуру, вміст завислих домішок та інші.

Заключний контроль проводиться після проходження всіх стадій очищення. Перевіряють відповідність показників значенням, що дозволяють відправляти воду на подальшу обробку або вже використання. За результатами вихідного контролю оформлюють паспорт якості.

### 7.3 Матеріальна, документальна та організаційна підготовка виробництва

До оборотних фондів даного виробництва належать:

1. Сировина: вода; реагенти для освітлення та промивання мембран УУФ.
2. Електроенергія.

Витрати на сировину занесено в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5 - Сумарні витрати на сировину на річний випуск продукції

Сировина	Ціна	Кількість на рік	Вартість, грн/рік
Вода	1,16 грн/м <sup>3</sup>	14 629 200	16 969 872
Хлорид натрію	1500 грн/т	1000 т	1 500 000
Гідроксид натрію	200 грн/кг	0,584 кг	200
Соляна кислота	5 000 грн/кг	8 кг	40 000
Гіпохлорид натрію	40 грн/кг	5 604 кг	224 160
Всього			18 734 232

Розрахуємо витрати електроенергії підприємства за регульованими тарифами.

Таблиця 7.6 – Витрати електроенергії

Показник	Розмірність	Величина
Середня потужність обладнання	кВт/год	1500
Ціна за 1 кВт:		
денний час ( $7^{00} - 23^{00}$ )	грн	2
нічний час ( $23^{00} - 7^{00}$ )	грн	1
Вартість електроенергії:		
на добу	грн/добу	60 000
за рік	грн/рік	21 900 000

Розрахунок вартості електроенергії:

$$(1500 \cdot 16 \cdot 2) + (1500 \cdot 8 \cdot 1) = 60\,000 \text{ грн/добу};$$

$$60\,000 \cdot 365 = 21\,900\,000 \text{ грн/рік}.$$

До оборотних засобів даного виробництва належать:

1. Сировина.
2. Електроенергія.
3. Заробітна плата
4. Виплати на охорону об'єкта за допомогою засобів охоронної сигналізації.

Таблиця 7.7 – Витрати на заробітну плату

Посада	Кількість робітників	Заробітна плата, грн/міс	Всього, грн/міс
Завідуючий цехом	1	11 000	11 000
Головний технолог	1	8 500	8 500
Бухгалтер	1	6 000	6 000
Інженер-технолог	4	5 000	20 000
Начальник зміни	4	5 000	20 000
Апаратник	4	4 200	16 800
Лаборант	8	5 000	40 000
Завідувач складом	1	5 200	5 200
Прибиральниця	1	4 200	4 200
Всього	25	54 100	131 700

Фонд оплати праці разом з нарахуванням у розмірі 22 % за рік складає:  $\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарах.}$

$$\text{ФОП} = 131\,700 \cdot 12 \cdot 1,22 = 1\,928\,088 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таблиця 7.8 - Вартість оборотних фондів підприємства

Статті затрат	Затрати на річний випуск грн./рік
Сировина	18 734 232
Електроенергія	21 900 000
ФОП	1 928 088
Виплата на охорону	70 000
Всього	42 632 320

Таблиця 7.9 – Вартість основних фондів підприємства та їх амортизації

Назва	Вартість, грн/рік	Амортизація, грн/рік
Будівля	1 000 000	50 000
Обладнання	4 590 900	918 180
ЕОМ	300 000	150 000
Нематеріальні активи	200 000	16 667
Виробничий та господарський інвентар	20 000	5 000
Всього	6 110 900	1 139 847

#### 7.4 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна собівартість продукції:

$$C = O_{\text{бз}} + A = 42\,632\,320 + 1\,139\,847 = 43\,772\,167 \text{ грн/рік.}$$

Собівартість 1дм<sup>3</sup> води очищеної:

$$C_{\text{одн}} = 43\,772\,167 / 14\,629\,200 = 3 \text{ грн/дм}^3.$$

Капіталовкладення:

$$K = O_3 + O_{\text{бз}} = 6\,110\,900 + 42\,632\,320 = 48\,734\,220 \text{ грн.}$$

Прибуток і рентабельність рівні 0, так як очищена вода використовується в межах одного підприємства і є сировиною для подальшої обробки.

Таблиця 7.10 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Капіталовкладення	48 734 220 грн
Собівартість	3 грн/дм <sup>3</sup>
Чисельність явочна	10 осіб
Чисельність за списком	25 осіб
Прибуток	0
Рентабельність	0

Висновок: у даному розділі було розраховано собівартість очищеної води 3грн/дм<sup>3</sup> при капіталовкладенні 48 734 220 грн.

## 8 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРОВЕДЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

У технологічному проєкті відділення іонообмінного знесолення води передбачається застосування шкідливих речовин, використання електричної, механічної, теплової енергії та енергії хімічної реакції. Транспортування всередині цеху представлено промисловими трубопроводами.

У проєкті взято до уваги вимоги , що стосуються охорони праці та пожежонебезпеки.

У даному розділі передбачаються засоби і заходи для забезпечення безпечних умов праці та пожежонебезпеки.

### 8.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Па та Пб. Наведено таблицю санітарних норм параметрів мікроклімату для названих приміщень (таблиця 8.1) [10].

Таблиця 8.1 – Санітарні норми мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Категорія робіт	Температура, °С			Відносна вологість		Швидкість руху,	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Па	18-20	15-17	23-24	40-60	75	0.2	< 0.3
	П	17-19	13-15	21-23	40-60	75	0.2	< 0.4
Теплий	Па	21-23	17-18	27-29	40-60	65	0.3	0.2-0.4
	Пб	20-22	16-17	27-29	40-60	70	0.3	0.2-0.5

					ХН 5117 1440 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					54

Температура поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного устаткування зсередини і ззовні, огорожуючих конструкцій не повинна бути більше або менше ніж на 2 °С за оптимальні величини температури повітря, заданих для даної категорії робіт.

Температура зовнішньої поверхні обладнання, з яким працюють в цеху під час виконання роботи, становить:

$$t_n = t_{onn} + 2^{\circ}\text{C} = 18 + 2 = 20^{\circ}\text{C} \text{ – в холодний період року,} \quad (8.1)$$

$$t_n = t_{onn} + 2^{\circ}\text{C} = 21 + 2 = 23^{\circ}\text{C} \text{ – в теплий період року,} \quad (8.2)$$

де  $t_{onn}$  – нормативне значення повітря робочої зони в теплий період року, °С.

Фактична температура мікроклімату підтримується за допомогою використання системи центрального опалення водяного.

Невелика характеристика проектованого цеху за санітарними нормами приведена в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

Найменування цеху	Цех водопідготовки
1	2
Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	NaCl,  витік внаслідок пошкодження трубопроводу
Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	Подразнюючої дії.  Викликає запалення органів дихання та слизової оболонки очей

Продовження таблиці 8.2

1	2
ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	1
Клас небезпечності шкідливої речовини	4
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Промислові протигази марок «К» і «М» ГОСТ 12.4.122-83  Спецодяг Щ ГОСТ 27653-88
Засоби долікарняної допомоги	Винести потерпілого на свіже повітря, терміново викликати швидку
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Колориметричний

За способом організації повітрообміну застосована комбінована система вентиляції - припливно-витяжна.

## 8.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-06 розряд робіт у робочому приміщенні становить IV та V. У таблиці 8.3 наведено санітарні норми параметрів освітлення [12].



Таблиця 8.3 – Санітарні норми параметрів освітлення

Розряд зорової роботи	Штучне освітлення					Природне освітлення	Суміщене освітлення			
	Освітленість, лк			Сукупність нормованих величин показника		КПО, %				
	При системі комбінованого освітлення		При системі			При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При боковому освітленні	
	всього	у т. ч. загальног		Р	Кп, %					
IV	400	200		200	40	20	4	1,5	2,4	0,9
V	-	-		200	40	20	3	1	1,8	0,6

Проектом обрано робоче , природне та аварійне освітлення. Природне освітлення у вигляді бокового світла, штучне — люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Згідно ДБН В.2.5-28-06, необхідна напруга - 220 В. Для аварійного освітлення використовують лампи розжарювання та люмінесцентні лампи.

Нижче наведено розрахунки системи електричного загального освітлення цеху методом використання коефіцієнта світлового потоку.

Розрахунок потоку, необхідного для забезпечення необхідної освітленості горизонтальної поверхні при загальному рівномірному

освітленні з врахуванням світла, яке відбивають стіни та стеля відбувається за формулою люмінесцентних ламп:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m, \quad (8.3)$$

де  $F$  – світловий потік однієї лампи, лм;

$E$  – нормована освітлюваність,  $E = 500$  лк;

$S$  – площа приміщення,  $S = 500 \text{ м}^2$ ;

$z$  – поправочний коефіцієнт світильника,  $z = 1,25$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації,  $k = 1,1$ ;

$n$  – кількість світильників,  $n = 80$ ;

$u$  – коефіцієнт використання, який залежить від типу світильника, показника приміщення, відбиття і т.д.,  $u = 0,6$ ;

$m$  – число люмінесцентних ламп у світильнику,  $m = 2$ .

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k / n \cdot u \cdot m = 500 \cdot 500 \cdot 1,25 \cdot 1,1 / 80 \cdot 0,6 \cdot 2 = 3581 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74.

Відповідно до розрахованого світлового потоку ( $F = 3581$  лм), необхідного для забезпечення заданої освітленості, обираємо тим лампи ЛД потужністю 65 Вт і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \quad (8.4)$$

де  $W$  – потужність освітлювальної системи, Вт;

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P – потужність однієї лампи, P = 65 Вт;

$$W = 65 \cdot 80 \cdot 2 = 10400 \text{ Вт.}$$

Освітленість можна контролювати за допомогою люксметра Ю-116 1 раз на рік саме після реконструкції освітлювальної установки.

При виключенні робочого освітлення передбачується система аварійного освітлення. Світильники такого освітлення приєднуються до мережі робочого з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

### 8.3 Виробничий шум та вібрація

На виробництві провокують появу шуму та вібрації саме насоси та фільтри.

За ДСН 3.3.6.0.37-99 рівень звуку не має бути більше 80 дБА [10]. Фактичний рівень шуму приблизно 76 дБА., а це в свою чергу задовольняє вимоги.

Для реалізації контролювання шуму використовуються шумоміри, а для контролю вібрації – прилад ВШВ-003. Зменшення значень таких показників відбувається за рахунок:

- міцного кріплення віброуючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супраженнях машин і механізмів;
- збалансування (врівноваження) рухомих і обертових деталей і механізмів;
- збільшення загальної маси фундаменту і використання металевих масивних плит в фундаментних опорах;
- зміни числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- використання динамічних віброгасників.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Як засоби індивідуального захисту застосовують протишумні навушники, шоломи, вкладки.

#### 8.4 Електробезпека

Основною причиною ураження електричним струмом може бути дотик до відкритих елетропровідних елементів устаткування, які опинилися під напругою внаслідок порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Живлення електроустаткування на виробництві відбувається від трифазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Електричне устаткування повинно мати ізолюючі кожухи. Основним способом уникнути ураження струмом є ізоляція проводів. Справність ізоляції постійно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напруги до 1000 В передбачено занулення корпусів електричного обладнання як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом,

При однофазному дотику людини до відкритих струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}; \quad (9.5)$$

$$U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \quad (9.6)$$

де  $R_{\text{л}} = (2 \div 4)$  – опір тіла людини, кОм;

$R_0 = 4$  – опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{\text{л}}$  – електричний струм, який проходить через людину, мА;

$U_{\text{ф}}$  – фазна напруга, 220 В.

Згідно з ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення становлять:  
 $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$  і  $U_{\text{д}} = 36 \text{ В}$  – змінного струму в аварійному режимі при  $\tau > 1 \text{ с}$ ;  
 $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$  і  $U_{\text{д}} = 2 \text{ В}$  – при нормальному режимі при  $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$ .

$$R_{\text{л}} = 2000 \text{ Ом.}$$

Тоді згідно з рівняннями (11.5) – (11.6):

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,79 \text{ мА};$$

$$U_{\text{д}} = 109,79 \cdot 2 = 219,58 \text{ В}.$$

Порівнюючи розрахункове значення  $I_{\text{л}}$  і  $U_{\text{дот}}$  з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Для захисту робітників на підприємстві передбачено наступні заходи:

- застосування занулення, захисне відключення електроустановок, при виникненні небезпеки ураження електричним струмом, вирівнювання потенціалу;
- застосування з'єднувальних провідників зі справною ізоляцією;
- огорожувальні пристрої, суцільні огорожі для електроустановок;
- допуск до роботи по видаленню несправностей лише спеціально підготовлених людей;
- проектом передбачена попереджувальна сигналізація та попереджувальні знаки, які встановлені в місцях наближених до місць, що знаходяться під напругою.

					ХН 5117 1440 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також використовуються такі способи та засоби окремо чи у поєднанні для забезпечення електробезпеки: електроізоляція струмоведучих частин; електрозахисті засоби: діелектричні коври, діелектричні рукавиці, діелектричне взуття, ізолювальні підставки, плакати та знаки безпеки; захисне відключення електроустановок при виникненні в них небезпеки ураження струмом. Вимірювання опору заземлюючих пристроїв проводиться кожен рік. Опір ізоляції перевіряється кожні 3 роки.

### **8.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання**

Найбільш небезпечним моментом на об'єкті є розрив трубопроводів обладнання водопідготовки, який виникає внаслідок гідравлічних ударів, різкого коливання тиску та дефектів металу.

Іонообмінні фільтри працюють під тиском і при їх обслуговуванні найбільшою небезпекою є пошкодження фланців на арматурі, порушення ущільнення сальникових набивок.

Найголовнішими заходами безпеки щодо ведення технологічного процесу є виключення безпосереднього контакту працюючих з цими апаратами та застосування автоматичного контролю і регулювання. З метою дотримання цих заходів все устаткування цеху обладнано необхідною запірною арматурою, запобіжними клапанами, манометрами, показниками рівня рідини.

Безпека роботи обладнання забезпечується гідно ГОСТ 13.3.002-75 – вибір технологічного процесу, режимів роботи обладнання; вибір вихідних матеріалів, спосіб їх зберігання та транспортування; розділення функцій між людиною та обладнанням.

Щоб досягти безпеки обслуговування апаратури, необхідне правильне

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

її розташування, а саме ширина зон обслуговування апаратів має бути 1,5м, ширина робочих проходів між фільтрами, мембраною та баками - 2,5м. Безпека експлуатації насосів передбачається надійною конструкцією, корозійною стійкістю матеріалу та герметичністю ущільнення рухомих частин.

Для підтримання в справному стані устаткування своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт.

У випадку розриву трубопроводу необхідно викликати спеціалізовану службу та повідомити курівництво і весь персонал.

## 8.6 Пожежна безпека

За проектом у цеху знаходяться горючі матеріали: меблі, вікна, двері, електрообладнання.

Електрообладнання може спалахнути в результаті наступних причин: перевантаження та нагрів електрообладнання, іскра від пошкодження електропроводки, електрозамикання.

Для гасіння пожежі передбачена стаціонарна система пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків. Будівля захищена від прямого удару блискавки блискавковідводом стрижньового типу. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. До них відносяться: електрична ізоляція, недоступність струмоведучих частин, занулення. Для гасіння пожежі, на робочих місцях прийняті протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8, пінні вогнегасники, ящики з піском.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автоматичного типу ПТІМ на висоті 6-10 метрів від рівня підлоги.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У коридорах на шляхах евакуації персоналу передбачені протидимові та протипожежні перегородки.

Таблиця 8.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Приміщення цеху		Приміщення цеху	Назва ділянки, установки
Гетинакс	Дерево	Машинне масло	Речовини, що обертаються у виробництві
Т	Т	рідина	Агрег. стан реч. при нормальних умовах
Ввжкозайм.	Легкогор.	горючий	Горючість, займистість, вибухонебезпечність
120	-	200	Показники пожежо- і вибухонебезпечності
285	190-230	160	Температура спалаху, °С
480	270-280	380	Температура займання, °С
Па	Па	Пб	Температура самозаймання, °С
Т1	Т3	-	Категорія
Вода, піна	Вода, піна	Вода, вогнегасники вуглекис-лотної ВВ-5, пінні	Група
В	Б	Г	Засоби пожежогасіння
П-П	П-П	П-П	Категорія приміщення по ОНТП 24-86
Ша		Ша	Клас приміщення /зона/ 1 зовнішніх установок згідно з ПБЕ
			Категорія об'єкту і тип зони захисту від блискавки згідно з СН 305-77



## 9 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

У дипломному проекті опрацьовано схему знесолення води методом іонного обміну. За типом екологічної безпеки виробництво класифікується як рядове.

Метою цього підрозділу є визначення всіх шкідливих відходів, що можуть бути утворені під час роботи підприємства, і пошук рішень, які забезпечать екологічну утилізацію або доведення недопустимих значень до рівня ГДК.

### 9.1 Аналіз джерел відходів, що утворюються на виробництві

Основними методами досягнення поставленої мети дипломни проектом (а саме знесолення води) є іонний обмін та ультрафільтрація.

До відходів виробництва після етапу іонного обміну відносять такі речовини:

- смоли іонообмінні сатуровані або відпрацьовані;
- соляні розчини (солі  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), одержані внаслідок регенерації іонообмінних смол;
- шлам, що утворюється після регенерації іонообмінних смол;

Після того, як осад зневоднюють та фільтрують, одержаний шлам вивозять у шламонакопичувачі (відвали), які негативно впливають на екологію.

При знесоленні води іонообмінним методом утворюється велика кількість регенераційних вод, оскільки для забезпечення повноти регенерації іонообмінних смол нерідко потрібен значний надлишок реагенту відносно стехіометрично необхідної кількості. Необхідність нейтралізації цього надлишку реагентів призводить до підвищення вартості

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктів, які треба утилізувати, а в багатьох випадках робить цю утилізацію екологічно та економічно недоцільною.

Частково знесолена вода відводиться на блоки модулів ультрафільтрації. Там відбувається більш тонке очищення, оскільки на мембрані затримуються зависі з розміром частинок більше 0,01 мкм, а також розчинена органіка, бактерії і віруси. Завдяки промиванням (пряме і зворотнє) утворюються води з підвищеним вмістом зависей, що направляються в цикл перед освітлювачем.

Для того, щоб відбулося повне очищення, застосовують СІР – промивку (clean in place). Це означає, що після виявлення типу забрудника мембрани, в систему подаються такі хімічні реагенти, як гіпохлорит натрію, кислота, луг. Для промивання використовують концентровані розчини кислот і лугів. Розчини кислоти і лугу пропускають через мембрану по чергові з метою взаємонеутралізації і відведення цих стоків в цикл перед іонообмінником.

СЕВ – промивка (chemical enhanced backwash) використовується частіше. В такому разі УФ-мембрана піддається інтенсивній промивці з водою з такими ж реагентами, але менш концентрованими. Стоки після необхідної нейтралізації також відводяться в рецикл.

В результаті знесолення води на виробництві утворюються два типи відходів – тверді (відпрацьовані іонообмінні смоли) і рідкі (стічні води після промивання, розпушування та регенерації іонітової загрузки). Також утворюється велика кількість стічних вод, які відводяться внаслідок промивки фільтрів.

## 9.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Для даного підприємства можливими можуть бути наступні шляхи екологізації [15].

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Використання протічнійного або багато порційного режиму регенерації. За такого режиму весь необхідний об'єм найбільш концентрованого регенераційного розчину поділяють на кілька порцій (три або чотири), які фільтрують через іонообмінний фільтр почергово, відводячи відпрацьовані розчини у баки. На утилізацію відводиться лише та порція розчину, в якій співвідношення концентрацій іонів, витіснених із смоли та регенеруючих іонів максимальне. Витрати на нейтралізацію надлишкового реагенту в такому разі мінімальні. Всі ж інші порції регенераційного розчину використовують у новому циклі для регенерації в послідовності, що відповідає зростанню в розчині надлишку невикористаного реагенту. Отже, свіжий реагент витрачається тільки на приготування однієї порції розчину, який використовується для завершення регенерації фільтра.

Спалювання можна назвати одним з найефективніших способів утилізації відходів, що в подальшому використовуються як промислова сировина. Але необхідно враховувати те, цей метод сприяє забрудненню атмосфери. Існують технології, за допомогою яких з відходів виокремлюють чорні і кольорові метали та виготовляють будівельні матеріали.

Є ще один з найпоширеніших способів утилізації відходів – їх поховання. Використання такого методу в Україні досягає 98%

Найефективнішим, але в той же час найдорожчим методом є термічний. Таким чином після зневоднення стоків отримуються нетоксичні газоходібні продукти горіння, а також твердий осад.

Саме тому спочатку необхідно одержати шлам з осадів стічних вод, а вже потім його утилізувати, спираючись на його властивості і таким чином обираючи відповідний метод утилізації або ліквідації, але з якомога меншими затратами енергії та негативним впливом на довкілля.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Для того, щоб зменшити вологість осаду стічних вод, застосовують зневоднення на мулових площадках механічним шляхом і піддають термічній обробці (сушінню).

### 9.3 Екологічний моніторинг

За наявності локальних очисних споруд підприємства повинні здійснювати кількісний та якісний контроль очищених стічних вод, що надходять, та враховувати об'єми видалених із стічних вод осадів. Необхідно оформлювати певні документи, що дозволяють вивозити та тилізувати осад. До них відносяться: договір на вивіз осадів із зазначенням місця видалення, клас небезпеки та агрегатний стан осаду, характер транспортування, а також акти, накладні, рахунки.

Відбір проб здійснюється з контрольних колодязів (КК), за побудову та обслуговування яких відповідає підприємство. Контрольні колодязі мають бути завжди доступними для огляду і відбору проб, вільними від завалів.

Перелік визначених інгредієнтів, місця, графіки відбору проб погоджуються підприємством з Водоканалом, а методики проведення аналізів – з державною екологічною інспекцією.

З метою контролю якості стічних вод підприємств Водоканал здійснює відбір разових проб. Разові проби характеризують склад та властивості стічних вод і відповідність фактичних концентрацій забруднюючих речовин допустимим.

### 9.4 Розрахунок екологічних платежів

Величина плати за скид стічних вод з наднормативними забрудненнями розраховується Водоканалом за формулою [16], грн./добу:

$$ПС = T \cdot V_{ДОГ} + 5T \cdot V_{ПДОГ} + V_{ПЗ} \cdot КК \cdot НП, \quad (10.1)$$

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $T$  – тариф, установлений за надання послуг водовідведення підприємствам, віднесеним до відповідної категорії споживачів, грн./м<sup>3</sup>;

$V_{ДОГ}$  – обсяг скинутих підприємством стічних вод у межах, обумовлених договором або нормою (м<sup>3</sup>);

$V_{ПДОГ}$  – обсяг скинутих підприємством стічних вод понад обсяги, обумовлені договором або нормою (м<sup>3</sup>);

$V_{ПЗ}$  – обсяг скинутих підприємством стічних вод з понаднормативними забрудненнями (м<sup>3</sup>);

$KK$  – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод на міських КОС та екологічного стану водойми;

$НП$  – встановлений норматив плати за скид нормативних забруднень у міську каналізацію (грн./м<sup>3</sup>).

Отже:

$$ПС = 4,82 \cdot 80 + 5 \cdot 4,82 \cdot 20 + 100 \cdot 2 \cdot 10,24 = 2915,6 \text{ грн./добу.}$$

Таким чином, у даному розділі було розглянуто екологічні проблеми, що виникають під час запровадження схеми знесолення води та обрано методи вирішення цих проблем. Отримані наступні дані: величина плати за скид стічних вод – 2915,6 грн./добу. Можна зробити висновок, що процес знесолення води є маловідходним виробництвом, оскільки основною сировиною є вода, що вже пройшла попереднє очищення.

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено схему відділення знесолення води методом іонного обміну для потреб ТЕЦ-5. Розглянуто хімізм і теоретичні основи процесу. Наведено характеристику сировини та технічні вимоги до готового продукту. Запропоновано впровадження установки ультрафільтрації у технологічну схему відділення і обґрунтовано доцільність інновації за допомогою економіко-організаційних розрахунків та хімічних показників отриманої у результаті води.

Проведено розрахунок основного обладнання: необхідна кількість На-катионітових фільтрів 1-ї ступені – 2, загальна тривалість регенерації  $t = 1,3$  год, сумарна витрата води на регенерацію  $V_{\Sigma} = 41,5 \text{ м}^3$ ; та допоміжного обладнання: бак для акумулювання підігрітої води – висота 1,6 м, ширина 2м, довжина 2 м, відцентровий насос – потужність двигуна  $N = 0,8 \text{ кВт}$ .

У дипломному проекті наведено схему автоматизації установки ультрафільтрації води з метою покращення якості продукту, зниження кількості витрат сировини і енергії, а також скорочення кількості браків та відходів.

Розглянуто основні аспекти екологічної безпеки виробництва, наведено джерела виникнення відходів, запропоновано заходи щодо їх утилізації. Передбачено заходи з охорони праці, розраховано виробниче освітлення, досліджено виробничий шум та вібрацію, забезпечено електробезпеку, безпеку технологічного процесу та обладнання, пожежну безпеку.

Виконані економічні розрахунки, де було розраховано собівартість очищеної води  $3 \text{ грн/дм}^3$  при капіталовкладенні 48 734 220 грн.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод: изд. 2-е, перераб. и доп./ Л.А. Кульский, П.П. Строкач; -К.: Полиграфкнига, 1985. – 336 с.
2. Інструкція з експлуатації установки ультрафільтрації ХВО теплоелектроцентралі № 5 – Кобзаренко М.М., Захарук В.П.: Київ, 2012 – 26 с.
3. Запольский А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник/ Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., и др. - К.: Лібра, 2000 .- 552 с.
4. Інтернет ресурс “Ультрафильтрация: эффективная технология очистки воды»: <https://roscontrol.com/community/article/ul-trafil-tratsiia-vody/#porup>
5. Концевой А.Л. Алгоритмізація і програмування розрахунків процесу водопідготовки. Навчальний посібник: На правах рукопису / А.Л. Концевой, Н.М. Толстопалова. – К.: 2003. – 44 с.
6. Лукінюк, М.В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.
7. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с.
8. Орленко, А.Т. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів хіміко-технологічного і біотехнології та біотехніки ф-тів / Уклад.: А.Т. Орленко, Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 33 с.

					<i>ХН 5117 1440 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

9. Метрологічне забезпечення безпеки праці. В 2-х т. Під. Ред. І.Х. Сологяна. - М.: Ізд-во ст-тов, 1989.
10. ДБН 33.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
11. Захаров Л. П. Техника безопасности в химических лабораториях [Текст]. - Л.: Химия, 1985. -184 с.
12. Платежі за забруднення, їх види та критерії нарахування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/25530/>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова укр.
13. Інтернет ресурс Каталог продукції НПО «Екософт» [електронний документ] режим доступу: <http://ecosoft.ua/>
14. Інтернет ресурс “Методичні вказівки виконання лабораторних робіт з теми «Іонний обмін» »: <https://studfiles.net/preview/5725871/page:5>
15. СНиП 2.04.05.-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Текст].
16. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
17. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Мариніна. – М.: Химія, 1989. – 497 с.
18. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». <http://zakon4.rada.gov.ua/> (меню Законодавства України)
19. Водний кодекс України <http://zakon4.rada.gov.ua/> (меню Законодавства України)